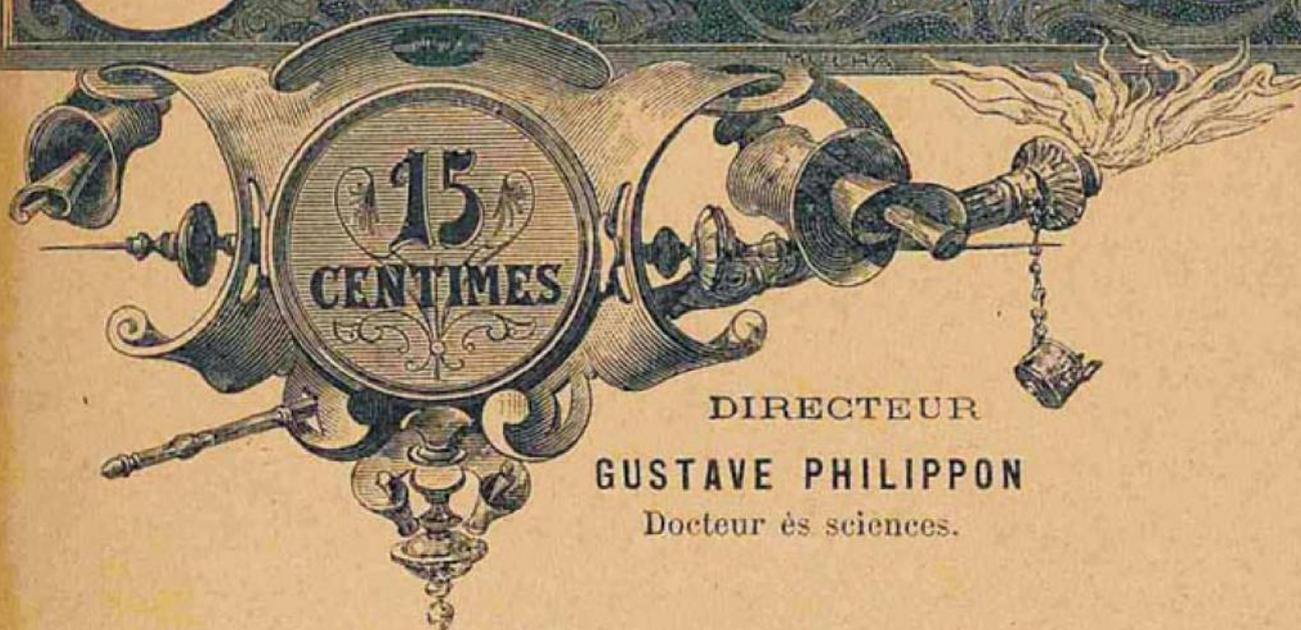


BIBLIOTHÈQUE SCIENTIFIQUE DES ÉCOLES & DES FAMILLES



DIRECTEUR
GUSTAVE PHILIPPON
Docteur ès sciences.

HYGIÈNE DU CHAUFFAGE ET DE L'ÉCLAIRAGE

PAR

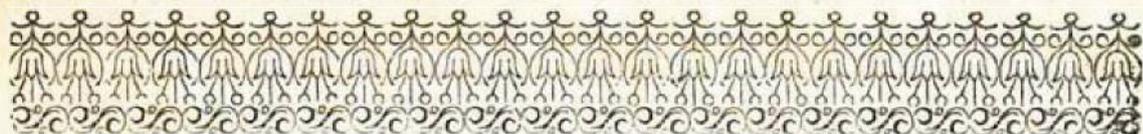
N. GRÉHANT

Professeur au Muséum d'histoire naturelle.

HENRI GAUTIER, éditeur, 55 Quai des Gr^{es} Augustins. PARIS

PRINCIPAUX COLLABORATEURS

- MM. Le D^r ARTHAUD, chef des travaux de physiologie à l'École pratique des Hautes Études, professeur au collège Chaptal.
Le D^r BEAUREGARD, professeur agrégé de l'École supérieure de pharmacie.
Le D^r BELIN, chef de clinique à la Faculté de Médecine de Paris.
DANIEL BERTHELOT, assistant au Muséum.
Le D^r R. BLANCHARD, de l'Académie de Médecine.
ROBERT CAMBIER, attaché à l'Observatoire de Montsouris.
CAPAZZA, aéronaute.
J. CHATIN, de l'Académie de Médecine.
HENRI COUPIN, préparateur à la Faculté des Sciences de Paris.
Le D^r DUBIEF, médecin-inspecteur des épidémies de Paris, chef de laboratoire à l'hôpital Cochin.
D^r RAPHAEL DUBOIS, professeur de physiologie à la Faculté des Sciences de Lyon.
DUCLOS, préparateur de botanique à la Faculté de Médecine de Paris.
G. DUMONT, professeur à l'École des Hautes Études commerciales.
ST. FERRAND, ingénieur-architecte, directeur du journal *Le Bâtiment*.
CAMILLE FLAMMARION, directeur de l'Observatoire de Juvisy.
Le D^r GARRAN de BALZAN, directeur de cours à l'Association philotechnique de Paris.
D^r N. GRÉHANT, professeur au Muséum.
E. DE LA HAUTIERE, prof. agrégé de philosophie au lycée Saint-Louis.
HANRIOT, de l'Académie de Médecine.
A. HÉBERT, préparateur de chimie à la Faculté de Médecine de Paris.
KOEHLER, professeur de zoologie à la Faculté des Sciences de Lyon.
H. LÉAUTÉ, membre de l'Institut.
LECOMTE, professeur agrégé d'histoire naturelle au lycée Saint-Louis.
D^r LESAGE, chef des travaux pratiques à la Faculté de Médecine de Paris.
LEVASSEUR, de l'Institut, professeur au Collège de France.
GABRIEL LIPPMANN, de l'Institut, professeur à la Faculté des Sciences de Paris.
L. ET A. LUMIÈRE.
CHARLES MARTIN, professeur de l'Université.
MARTIN, chargé de la direction du musée monétaire.
H. MERCEREAU, professeur de l'Université.
STANISLAS MEUNIER, professeur au Muséum.
VICTOR MEUNIER.
EDMOND PERRIER, de l'Institut, professeur au Muséum.
GUSTAVE PHILIPPON, docteur ès sciences, directeur de la publication.
PAUL PHILIPPON, répétiteur à la Faculté des Sciences de Paris.
Le D^r PORAK, de l'Académie de Médecine.
L. PRÉVAUDEAU, licencié en droit.
A. QUELLARD, préparateur à la Faculté de Médecine de Paris.
D^r RÉGNARD, professeur à l'Institut national agronomique.
RÉGNARD, ancien chimiste au laboratoire municipal de Paris.
ROUX, assistant de la chaire d'agriculture au Muséum.
ROUX, vétérinaire de l'armée.
CH. VELAIS, chargé de cours à la Faculté des Sciences de Paris.
Etc., etc., etc.



HYGIÈNE DU CHAUFFAGE & DE L'ÉCLAIRAGE

NOTIONS DE PHYSIOLOGIE ET D'HYGIÈNE

Par N. GRÉHANT

Professeur au Muséum d'histoire naturelle.

CHAPITRE PREMIER

NOTIONS PRÉLIMINAIRES

Composition de l'air. — C'est pour mémoire que nous rappelons tout d'abord la composition de l'air atmosphérique.

En volume, l'air contient comme éléments constitutifs gazeux :

Oxygène.....	20,8
Azote.....	79,2
	<hr/>
	100,0

En poids 100 grammes d'oxygène contiennent :

Oxygène.....	23 grammes.
Azote.....	77 —
	<hr/>
	100 —

L'air contient toujours en outre, en proportions moindres et très variables, de la vapeur d'eau et de l'acide carbonique qu'on appelle plus généralement aujourd'hui de l'anhydride carbonique.

Aux jours les plus froids, l'atmosphère peut tenir en suspension $\frac{1}{2000}$ de son poids de vapeur d'eau, tandis que pendant les journées chaudes il en contient 100 fois plus.

La proportion d'acide carbonique est plus constante; il est en moindre quantité dans les campagnes et sur les bords de la mer que dans les villes; et, à l'air libre, on en trouve environ $\frac{5}{10000}$ de son poids, ce qui correspond à $\frac{3}{10000}$ de son volume.

Dans les campagnes, pendant le jour, sous l'influence de la lumière solaire, les plantes vertes absorbent l'acide carbonique de l'air, en gardent le carbone et dégagent l'oxygène.

La diminution de ce même gaz aux bords de la mer s'explique par sa dissolution dans l'eau qui en dissout, en effet, son propre volume à la température et à la pression ordinaires.

Enfin, mais en moindre proportion, dans l'air on trouve encore de l'ammoniaque, de l'acide sulfhydrique, de l'acide azotique, de l'ozone, des poussières minérales, des débris de matières organiques, des germes d'animaux et de végétaux microscopiques¹ et tout à fait accidentellement d'autres substances solides ou gazeuses, provenant de tout ce qui émane ou peut être soulevé de la surface de la terre.

Ce qui nous intéresse plus particulièrement ici, ce sont les produits de la combustion, aucun chauffage ne pouvant se réaliser autrement que par l'emploi de combustibles et tout éclairage émanant aussi d'un foyer constitué par un corps enflammé.

Acide carbonique. — Quand une allumette flambe et que phosphore et soufre ont été consumés, le bois brûle, tel est le foyer de combustion le plus simple. Que se passe-t-il?

Le bois est surtout formé de carbone, d'oxygène et d'hydrogène unis chimiquement; la flamme de soufre en se communiquant au bois, fait appel à l'oxygène de l'air qui, se combinant avec le carbone de l'allumette, forme de l'acide carbonique qui se dégage dans l'air; quant à l'oxygène et à l'hydrogène du bois ils s'unissent pour former un peu de

1. Voyez *Les microbes de l'air*, par R. Cambier, attaché à l'observatoire de Montsouris, n° 17 de la collection.

vapeur d'eau et l'allumette éteinte, il reste à la main, à l'extrémité du bois qui n'a pas été consumé, un excès de charbon et tout au bout de la tige charbonneuse se montre encore un peu de cendre, provenant d'éléments minéraux non volatils.

Retenons ceci : de l'acide carbonique s'est dégagé dans l'air, pendant que se consumait le bois. Ce qu'explique simplement le tableau suivant :

Avant la combustion.	{	Air..	Azote.	{	Après la combustion.	
			Oxygène.....			Acide carbonique.
	{	Bois.	Carbone.....			
			Oxygène.....			
		Hydrogène.....				
	Substances minérales diverses	Cendres.				

Si nous considérons maintenant un morceau de charbon en combustion, nous constaterons que lorsqu'il est *bien allumé* il dégage également et surtout de l'acide carbonique, n'insistant pas ici sur les autres produits de la combustion, tels que l'hydro-carbure (gaz d'éclairage), les cendres, etc.

L'acide carbonique se dégage aussi de la flamme d'une bougie ou de celle d'un bec de gaz.

Et dans tous les foyers, c'est aux dépens de l'oxygène de l'air que se forme l'acide carbonique. Or, l'oxygène de l'air est nécessaire à la respiration et l'acide carbonique est irrespirable.

L'homme qui respire un air surchargé d'acide carbonique est en état d'asphyxie, état sur lequel nous aurons à insister, dans la suite de cette étude et qui se traduit par des malaises plus ou moins grands et plus ou moins graves.

En respirant normalement l'homme comme la bougie qui brûle, absorbe l'oxygène de l'air et rejette de l'acide carbonique, et c'est cet oxygène absorbé qui reforme le sang artériel dans les vaisseaux. Or le sang artériel est celui qui seul est capable de fournir des éléments nutritifs réparateurs aux tissus vivants. Que le gaz vivifiant vienne à faire défaut, la nutrition générale est troublée, le sang veineux s'accumule dans le système circulatoire, l'organisme est en état d'asphyxie.

Quand le mal n'est pas trop profond ou trop invétéré, il suffit pour que l'asphyxié revienne à la santé, de lui faire inspirer de l'air suffisamment oxygéné; mais, dans des conditions défavorables, l'asphyxie est mortelle.

L'asphyxie peut se produire par le séjour prolongé dans l'air confiné, dans l'air chargé d'acide carbonique provenant de foyers ou dans l'eau.

Dans l'air confiné, c'est-à-dire dans l'air qui ne se renouvelle pas, air où la quantité d'oxygène devient vite insuffisante aux besoins respiratoires, l'oxygène absorbé par les poumons est remplacé par de l'acide carbonique fourni par l'homme lui-même et qui augmente de plus en plus pour constituer bientôt à lui seul, ou à peu près, l'atmosphère ambiante.

L'air est confiné, dans les salles de spectacle, dans les chambres à coucher de dimension ordinaire où ce gaz se renouvelle mal et toujours d'une manière insuffisante. Pendant la nuit, l'oxygène est presque toujours en quantité inférieure aux besoins de la respiration normale.

Dans une pièce chauffée où brûlent des bougies, des lampes ou des becs de gaz, ces foyers sont, pour l'épuisement de l'oxygène, autant de causes qui s'ajoutent à la respiration humaine.

Nous nous proposons, dans les chapitres suivants, de signaler les défauts des différents systèmes de chauffage et d'éclairage les plus employés, en laissant pourtant de côté un point des plus importants relatifs à l'éclairage, celui de l'hygiène de la vue.

Nous nous occuperons seulement de l'action des gaz dégagés par les foyers calorifiques ou lumineux.

Oxyde de carbone. — Vous avez sans doute observé souvent au-dessus de charbons encore mal allumés, une flamme d'un bleu dont l'azur est aussi doux et aussi pur à l'œil que celui d'un ciel serein. Cette flamme c'est de l'oxyde de carbone qui brûle à l'air en se transformant ainsi en acide carbonique.

Et fort heureusement que la chaleur du foyer en brûlant l'oxyde de carbone au fur et à mesure qu'il se forme le transforme en un gaz moins dangereux. Car si l'asphyxie par l'acide carbonique laisse quelque espoir de guérison au praticien chargé de sauver une victime de ce gaz délétère, il n'en est pas de même pour les malheureux qui ont respiré une faible proportion d'oxyde de carbone ainsi que nous le dirons dès le commencement du chapitre suivant.

L'oxyde de carbone a été découvert par Priestley ; il ne se trouve pas à l'état naturel. Il prend naissance dans

combustion incomplète du charbon; il s'en dégage donc toujours au moment où on allume un fourneau, un réchaud, une chaufferette alimentée par de la braise; il s'en dégage constamment, si le combustible se consume lentement à l'étouffée. Mais quand le charbon est allumé, comme le gaz brûle facilement à l'air dans sa combustion, il emprunte de l'oxygène à l'atmosphère et se transforme ainsi en acide carbonique.

C'est qu'en effet l'oxyde de carbone est formé en poids de 3 parties de carbone ou de charbon pur et de 4 parties d'oxygène et l'acide carbonique, de 3 parties de carbone pour 8 parties d'oxygène. Soit en mettant les deux compositions en parallèle.

	<i>Oxyde de carbone (CO)</i>	<i>Acide carbonique (CO²)</i>
Poids de carbone :	3	3
Poids d'oxygène :	4	8

Comme l'acide carbonique, l'oxyde de carbone est incolore, inodore, il est insipide, tandis que l'anhydride carbonique a une saveur piquante que tout le monde connaît dans l'eau de seltz; enfin l'oxyde de carbone, dont le litre pèse 1^{gr},250, dans les conditions ordinaires de pression et de température, est beaucoup plus léger que l'acide carbonique dont le litre, dans les mêmes conditions, pèse 1^{gr},97, c'est-à-dire près de deux grammes.

Les moyens chimiques de distinguer immédiatement l'oxyde de carbone de l'acide carbonique sont au nombre de deux. — Le premier de ces deux gaz brûle avec une flamme bleue et n'a pas d'action sur une solution de chaux qui est incolore, tandis que l'anhydride carbonique ne brûle pas, éteint les corps en combustion et blanchit l'eau de chaux.

L'oxyde de carbone est un poison violent. Absorbé par les voies respiratoires, quand il rencontre le sang, c'est au globule rouge qu'il s'unit (fig. 4), mais il s'y unit si intimement qu'il n'est pas au pouvoir de l'homme d'administrer un contrepoison capable de défaire cette union. Or, le résultat de cette combinaison entre le globule rouge et le gaz toxique est d'enlever à l'élément vivant la faculté de continuer à fournir de l'oxygène aux tissus. Ce n'est pas comme l'acide carbonique un corps étranger auquel l'oxygène, par simple aspi-



ration, peut se substituer, c'est une barrière opposée à l'entrée du gaz atmosphérique vivifiant, et un obstacle aux échanges profonds entre le sang et les tissus.

Et ce gaz est d'autant plus dangereux que rien ne décèle sa présence. On sait heureusement qu'il se dégage toujours du charbon qui brûle sur un fourneau découvert, qu'il

traverse la fonte rougie par la chaleur et qu'il est entraîné par les cheminées avec les émanations d'un poêle ou d'une cheminée dans lesquels le combustible brûle lentement.

D'une façon générale, dans les conditions ordinaires du chauffage domestique, il suffit que les cheminées tirent convenablement pour que l'air d'un appartement ne soit pas souillé par l'acide carbonique ou par l'oxyde de carbone de son foyer, mais nous verrons que si le tirage est un moyen

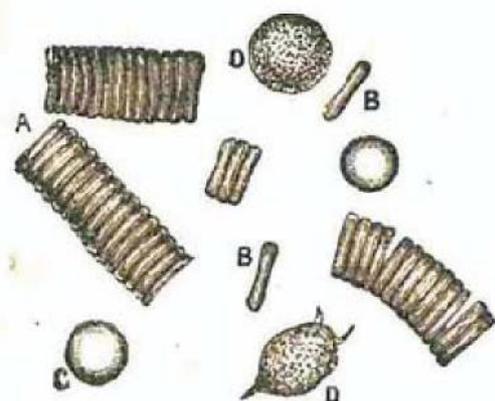


Fig. 1. — Globules du sang. — A. Globules rouges empilés. — B. Profil d'un globule rouge. — C. Globule rouge vu de face. — D. Globule blanc. — Figure extraite de la *Zoologie*, de M. Philippon (O. Doin, éditeur).

préservatif pour le locataire à qui la cheminée appartient, il peut être un danger pour les voisins, si ladite cheminée communique avec d'autres dans lesquelles on ne fait pas de feu au même moment.

Utilisation de la chaleur pour le chauffage. — Les chimistes nomment combustion, toute combinaison chimique s'accompagnant d'un phénomène d'incandescence.

Si dans du gaz chlore, on projette du cuivre ou du fer préalablement chauffé au rouge, dès que ces métaux sont en contact du gaz il se produit une incandescence qui accompagne l'union chimique des deux corps en présence. Ce phénomène à la fois lumineux et calorifique est une combustion à la suite de laquelle s'est formé du chlorure de cuivre ou de fer.

Mais dans le langage ordinaire, quand on dit combustion, on entend plutôt désigner la combinaison de l'oxygène avec les différents corps. C'est dans ce sens plus restreint que nous emploierons cette expression de combustion. Ce sont les combustions ainsi comprises, qui nous fournissent la chaleur et la lumière utilisées dans le courant de la vie. L'homme

a produit du feu et de la lumière artificiels bien avant de connaître la théorie de cette production, puisque ce n'est qu'au XVIII^e siècle que Lavoisier¹ a donné l'explication des phénomènes de combustion.

Avant ce chimiste de génie, on admettait d'après Stahl, qu'un corps en brûlant abandonnait du phlogistique. Un oxyde métallique, formé d'un métal uni à l'oxygène, était donc un corps qui, pour se constituer, avait perdu du phlogistique, tandis qu'en réalité il a gagné un élément, l'oxygène.

Mais ce qu'il importe de rappeler c'est qu'une combustion est toujours accompagnée d'un dégagement de chaleur et, quand elle est vive, d'une production de lumière. C'est aussi cette chaleur et cette lumière qui ont été utilisées par l'homme pour se chauffer et pour s'éclairer.

Si l'on prend comme unité de chaleur la calorie, c'est-à-dire la quantité de chaleur nécessaire à élever de 1 degré centigrade la température de 1 kilogramme d'eau, le tableau suivant donne le pouvoir calorifique en calories de diverses substances.

Hydrogène	29,4	Bois sec	2,8 à 3
Carbone	8	Tourbe	5,2 à 5,4
Alcool	7 à 10	Coke	6,8 à 7,9
Houille	7,2 à 8,6		

Et maintenant comment utilise-t-on dans l'économie domestique la chaleur produite par les corps combustibles naturels?

Les moyens les plus usités sont : les cheminées, les poêles et les calorifères à air ou à vapeur.

Cheminées. — Une cheminée se compose d'un foyer ouvert d'une part dans la pièce qu'elle doit chauffer et d'autre part dans un couloir (cheminée réelle) posé dans un mur de la maison et qui fait communiquer le foyer avec l'extérieur en s'ouvrant le plus souvent sur la toiture. Par ce tube se dégagent les produits de la combustion.

Dans les temps reculés de l'antiquité, les cheminées n'existaient pas; le foyer générateur de la chaleur était placé au milieu de la pièce et c'est par une ouverture pratiquée au plafond que s'échappait la fumée. Les premières cheminées étaient placées près du mur et pourvues d'une hotte. Telles

1. *Lavoisier*, par Mercereau, n° 6 de la collection,

que nous les voyons contruites aujourd'hui, les cheminées sont d'invention relativement moderne. Pourtant dans les ruines de châteaux des premières ères du moyen âge, on trouve des cheminées monumentales, avec chambranles qui, par la suite, devinrent des monuments ayant un caractère vraiment artistique. Quant à la disposition même, elle a été successivement perfectionnée par des physiciens tels que Philibert Delorme, Franklin, Montgolfier, Rumford, etc.

Franklin dit des cheminées que c'est le moyen de chauffage qui permet de se chauffer le moins, avec le plus de combustible. Il y a beaucoup de vrai dans cette opinion, mais il faut ajouter que si la cheminée est peu économique elle représente pourtant le mode de chauffage le plus hygiénique.

Dans une bonne cheminée le tirage doit être convenable.

On nomme tirage le courant gazeux qui s'établit de bas en haut dans la cheminée, sous l'influence de l'échauffement de l'air au contact du foyer, courant qui entraîne les produits de la combustion, acide carbonique, oxyde de carbone, vapeur d'eau et fumée, et qui en même temps attire l'air de la chambre au contact du combustible qu'il attire.

La raison mécanique du tirage continu est simple. La colonne d'air échauffée dans la cheminée pèse moins, à hauteur égale, que la colonne d'air de la chambre. Celle-ci tend donc à pénétrer dans la cheminée par le foyer; la partie d'air qui est ainsi amenée au contact du feu s'échauffe à son tour, se dilate et par conséquent monte du côté où elle est poussée de nouveau, c'est-à-dire du côté du tuyau d'appel.

Une expérience simple permet de mettre en évidence le mécanisme du tirage. Ouvrez une porte de communication entre une chambre chauffée et une chambre voisine où la température est basse. Placez une bougie allumée dans le plan et en haut de la porte, la flamme s'incline de la pièce chauffée vers celle qui ne l'est pas, évidemment sous l'influence d'un courant d'air. Placez ensuite la bougie par terre, la flamme s'incline, au contraire, de la chambre froide vers la chambre chaude, sous l'influence d'un courant d'air inverse à celui de la première expérience. Il y a donc passage de l'air chaud vers l'air froid, dans les couches supérieures de l'atmosphère, et passage de l'air froid vers l'air chaud dans les couches basses.

Voici quelles sont les conditions qu'une cheminée doit remplir pour bien tirer :

1° La section du tuyau d'appel doit être aussi étroite que possible, afin de laisser seulement passer les produits de la combustion qui monteront. Dans une cheminée à tuyau d'appel trop large, il s'établirait des courants dans les deux sens. Dans ce cas, la cheminée fumerait.

Au sommet de la cheminée on place sur le toit une coiffe, plus étroite que le tuyau, ouverte aux deux extrémités, moins large du haut que du bas, afin que la vitesse de la cheminée s'accélère en traversant cette zone rétrécie et puisse avoir plus de force que le vent. Ce dispositif se nomme une *buse*.

2° Plus la conduite d'appel aura de hauteur, mieux tirera la cheminée, parce que plus longue sera la couche aérienne chauffée.

3° Les portes et les fenêtres de l'appartement doivent présenter des fentes par où l'air extérieur puisse pénétrer dans les chambres chauffées, assez vite pour alimenter le tirage. Si les murs sont hermétiquement clos, le tirage ne se fait pas, la cheminée fume et le feu s'éteint n'ayant pas d'air et par conséquent pas d'oxygène pour s'alimenter. Portes et fenêtres ne doivent donc pas être par trop closes ;

4° Les cheminées d'une même maison ne doivent pas communiquer entre elles. En effet, l'une des deux tirant plus que l'autre, il s'établirait forcément un courant descendant.

Poêles et calorifères. — Les poêles sont des foyers placés au milieu des chambres qu'ils doivent chauffer par rayonnement et dont ils sont isolés par une enveloppe de faïence, de fonte ou de tôle. Le foyer est placé à la partie inférieure de l'appareil, un tuyau plus ou moins long entraîne les produits de la combustion, l'air de tirage pénètre donc par le bas du poêle. Ce moyen de chauffage est le plus économique, c'est celui qui permet d'utiliser le maximum de chaleur du combustible employé. En effet tout le gaz fournit sa chaleur avant d'être dégagé à l'extérieur. Nous verrons par la suite que le chauffage au poêle est aussi le moins hygiénique, parce qu'il ne permet pas une ventilation suffisante.

De tous les poêles, les moins bons, et nous en donnerons la preuve, dans les chapitres suivants, ce sont les poêles dits à



combustions lentes, dont l'usage s'est beaucoup vulgarisé de nos jours, et dont on peut dire qu'ils constituent un moyen de s'empoisonner en famille et à bon marché.

Les poêles et les cheminées à gaz sont régis par les mêmes lois que les cheminées ou poêles à charbon. Ils offrent l'avantage de s'allumer instantanément et de chauffer promptement l'air d'une chambre.

Les calorifères sont placés ordinairement dans les sous-sols ; ils se composent d'un foyer qui communique la chaleur à un système de tuyaux aërifères qui circulent dans les murs de la maison à chauffer (fig. 2) et qui communique par des bouches de chaleur avec les diverses pièces à chauffer. C'est là un système de chauffage commode, mais qui n'assure pas en même temps l'aération et qui, à ce point de vue, est défectueux.

On emploie assez souvent aussi, pour chauffer tout un

édifice, des calorifères à circulation d'eau chaude (système Bonnemain).

Voici le principe de ce chauffage. L'eau est chauffée dans une chaudière placée dans la cave d'où part un tuyau qui se rend dans un réservoir situé dans la toiture et pourvu d'une soupape de sûreté. Du fond de ce réservoir partent des conduits qui se distri-

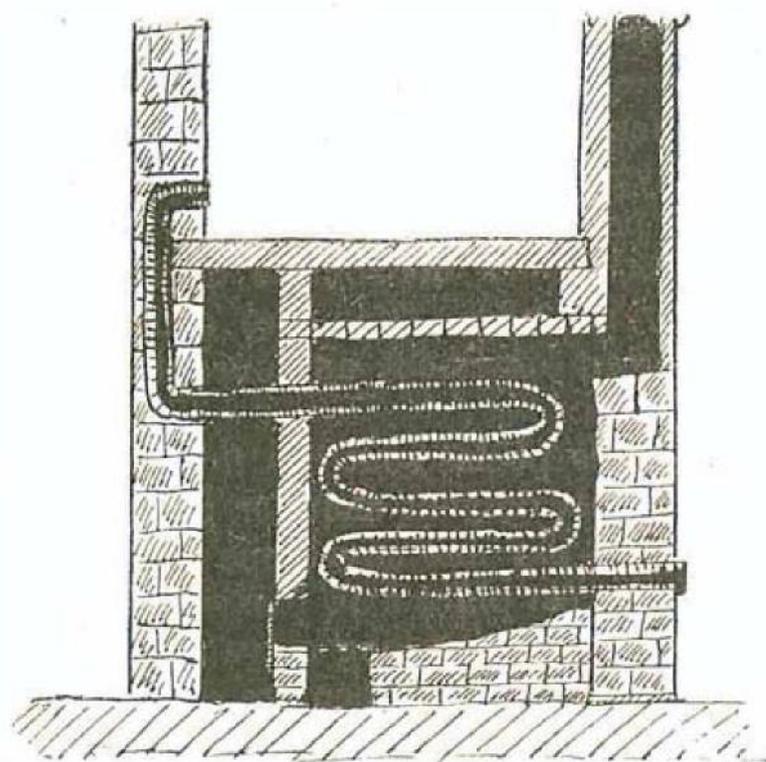


Fig. 2. — Coupe d'un calorifère à air chaud.

buent dans les parquets de la maison. L'eau vaporisée va se condenser dans le réservoir, mais comme elle est sous pression elle se condense en conservant une température élevée, supérieure à 15° , de sorte que dans les conduits, l'eau qui circule est de l'eau chaude à 15° environ.

L'expérience démontre qu'un litre d'eau suffit, avec un dispositif de ce genre, à chauffer 3,200 litres d'air. Un de ces calorifères entretient, pendant les jours froids, 300 mètres cubes d'eau à 15° centigrades.

On voit par ce court aperçu que la question du chauffage n'est pas des plus simples, et nous verrons, dans la suite, combien elle se complique encore lorsqu'elle est envisagée au point de vue hygiénique.

ÉCLAIRAGE

Nous serons brefs ici sur cette partie pourtant intéressante de notre sujet.

Nous avons déjà dit que nous ne nous intéressons qu'à l'éclairage, en temps que consommation d'oxygène, et non au point de vue optique.

Or les foyers lumineux : bougies, lampes, becs de gaz etc., sont des foyers de combustion agissant sur l'air comme les appareils de chauffage.

Il nous parait intéressant de donner quelques notions sur la production de la lumière et de la flamme.

Nous savons que lorsque la température qui accompagne une combustion est assez élevée, il y a production de lumière.

Mais tantôt la lumière produite est due à une incandescence, tantôt à une flamme.

Le charbon de bois brille en brûlant mais il ne produit pas de flamme, tout comme le fer chauffé au rouge et au delà.

Le soufre, le phosphore, le magnésium et le zinc brûlent au contraire avec une flamme plus ou moins éclatante.

C'est que le charbon et le fer ne sont pas volatils tandis que le soufre, le phosphore et le magnésium le sont. Dans ces derniers corps, la flamme est due à la vapeur produite qui est incandescente. L'hydrogène, le pétrole, le gaz d'éclairage produisent des flammes en brûlant parce que, en brûlant, ces corps émettent des vapeurs.

Il est vrai que le suif et l'huile de lampe qui brûlent avec flamme ne sont pas volatils; mais ils sont décomposables par la chaleur, et à la température où ils se décomposent ils produisent des gaz inflammables, qui brûlent et maintiennent la mèche allumée.

Mais il ne suffit pas qu'un corps soit volatil pour qu'il communique de l'éclat à une flamme. Il faut, pour qu'une flamme soit éclairante, qu'elle contienne des parcelles solides incandescentes.

La flamme de l'hydrogène pur est pâle au point d'être à peine visible.

La flamme du soufre qui ne contient que des gaz n'est pas éclairante.

Celle du phosphore, au contraire, est assez éclairante, parce qu'elle contient, outre la vapeur du phosphore, des parcelles d'acide phosphorique solide.

Les flammes du zinc et du magnésium doivent aussi leur pouvoir d'éclairage aux oxydes solides de zinc et de magnésium qu'elles entraînent.

Et la flamme de la bougie ? elle est éclairante pour des causes toutes semblables. — Au niveau de la mèche se forment des gaz riches en charbon et en hydrogène, mais qui ne peuvent prendre immédiatement feu, parce que l'air ne pénètre pas jusque-là. C'est pourquoi, autour de la mèche on observe un noyau sombre, où la température est peu élevée. Immédiatement autour de cette partie centrale, on voit une zone éclairante où le gaz hydrogène prend feu, et où le charbon en particules très fines est en suspension. Enfin au delà, la flamme est, extérieurement, une zone sans éclat où la combustion est complète.

Enfin, disons qu'on peut rendre une flamme non éclairante très éclatante en la faisant arriver sur un corps solide non volatil qu'elle chauffe.

C'est ainsi que la flamme d'un mélange d'oxygène et de gaz d'éclairage devient aussi brillante que la lumière électrique, quand elle est projetée sur un bâton de magnésie ou de chaux (lumière Drummond), et qu'un fil de platine en spirale chauffé par la flamme peu éclairante d'un bec de gaz Bunsen, devient un foyer de lumière des plus éclatants. Dans cette dernière expérience si le fil de platine est remplacé par un tissu imprégné de certains oxydes métalliques rares, nous sommes en présence du dispositif du bec de gaz Auer, qui jouit d'une vogue vraiment méritée.

Le carbone donne donc avec l'oxygène deux combinaisons

gazeuses : l'acide carbonique et l'oxyde de carbone, dont l'étude est intéressante pour le chimiste et pour le physiologiste : ces deux gaz sont toxiques, mais à des doses très différentes ; l'oxyde de carbone est beaucoup plus toxique que l'acide carbonique.

Je me propose de faire connaître l'action de ces deux poisons qui se produisent presque toujours simultanément dans la combustion du charbon et qui sont souvent la cause d'accidents graves ou mortels.

CHAPITRE II

OXYDE DE CARBONE

Préparation. — En chauffant une partie d'acide oxalique, 60 grammes, avec six parties, ou 360 grammes, d'acide sulfurique concentré, on obtient un gaz composé de volumes égaux d'acide carbonique et d'oxyde de carbone ; on absorbe le premier de ces gaz par la potasse et le second reste pur. (Dumas, 1826).

L'appareil employé, représenté par la figure 3, se compose d'un ballon de verre ayant une capacité égale à un demi-litre, dans lequel on introduit les deux acides ; un bouchon de caoutchouc

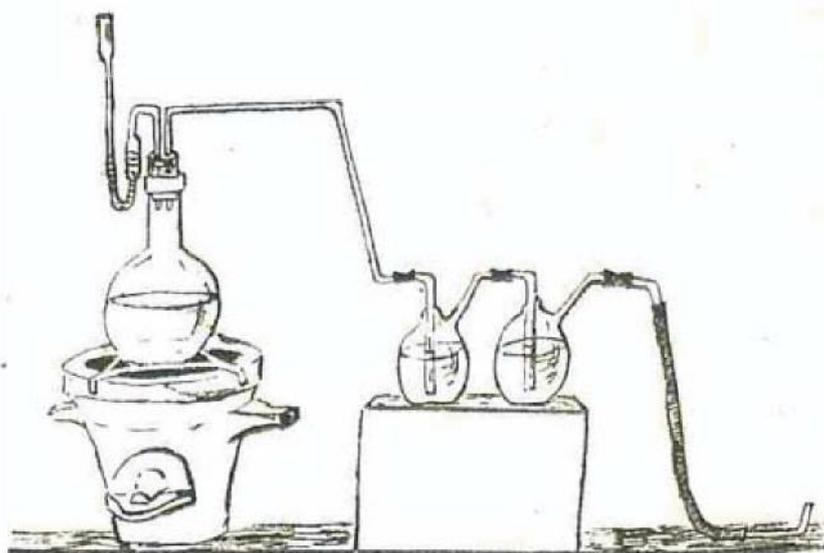


Fig. 3. — Appareil servant à préparer l'oxyde de carbone.

sert à fermer le col : il est traversé par un tube en S de sûreté et par un tube abducteur qui est uni par des tubes de caoutchouc à un barboteur ou à deux barboteurs de Cloez contenant une solution concentrée de potasse.

On chauffe le ballon sur un fourneau à gaz, pourvu d'une

toile métallique qui répartit uniformément la chaleur et on obtient bientôt un dégagement régulier de gaz; l'acide carbonique est absorbé complètement par la potasse si le dégagement n'est pas trop rapide; on conduit l'oxyde de carbone par un tube de verre recourbé dans une cuve à eau et on le recueille dans des flacons à l'émeri pleins d'eau, qui sont conservés dans des bocalux de verre pleins d'eau.

L'oxyde de carbone est incolore, inodore, peu soluble dans l'eau; un litre d'eau à 0° en dissout 33 centimètres cubes, c'est-à-dire à peu près un trentième de son volume.

La densité de ce gaz par rapport à l'air est 0,97.

L'oxyde de carbone est combustible, il brûle ainsi que nous l'avons dit dans le chapitre I, avec une belle flamme bleue caractéristique que l'on voit souvent s'échapper de la braise ou du charbon de bois en combustion.

Analyse du gaz. — On introduit dans une cloche graduée de 50 centimètres cubes, divisée en dixièmes, pleine d'eau, à l'aide d'un entonnoir, un certain volume du gaz, soit 49 centimètres cubes, on fait passer un morceau de potasse et on agite la cloche qui a été fermée avec un bouchon plein en caoutchouc; l'acide carbonique qui restait est absorbé, on obtient, par exemple, 47 centimètres cubes; il y avait 2 centimètres cubes d'acide carbonique; dans le gaz restant, après avoir laissé écouler dans l'eau la solution alcaline, on fait passer un petit tube à essai plein d'une solution de protochlorure de cuivre dans l'acide chlorhydrique, réactif que l'on a préparé à l'avance de la manière suivante: on fait remplir un flacon de tournure de cuivre et d'une solution concentrée de bichlorure de cuivre dans l'acide chlorhydrique; le cuivre ramène le bichlorure à l'état de protochlorure qui reste dissous dans l'acide; mais la solution précipite en blanc dans l'eau, le protochlorure de cuivre étant insoluble dans ce liquide. Le réactif agité vivement avec l'oxyde de carbone l'absorbe complètement; il reste seulement 2 centimètres cubes de gaz qui est de l'azote; on voit donc que 49 centimètres cubes du gaz conservé renferment 45 centimètres cubes d'oxyde de carbone pur, d'où il suit que l'on peut écrire la proportion: $\frac{49}{45} = \frac{100}{x}$; $x = 100 \times \frac{45}{49} = 91,8$; 100 centimètres cubes du gaz contiennent 91,8 centimètres cubes d'oxyde de carbone.

pur ; le résultat de cette analyse très simple permet de préparer des mélanges exactement titrés d'air et d'oxyde de carbone.

Expérience de Félix Leblanc. — Un chimiste éminent, Félix Leblanc, élève de l'illustre Dumas, a fait une expérience célèbre qui est devenue classique et qui a été le point de départ d'une série de travaux qui ont fait progresser d'une manière incontestable la physiologie et l'hygiène.

Dans une chambre close, Leblanc introduisit un réchaud de braise allumée, un chien placé dans une cage et une bougie allumée, puis la porte fut fermée ; au bout de trois quarts d'heure, l'animal mourut ; la bougie s'éteignit quelques minutes plus tard.

L'analyse du gaz pris dans la pièce a donné les chiffres suivants :

Oxygène	19,19
Azote	75,62
Acide carbonique.....	4,61
Oxyde de carbone.....	0,54
Hydrogène carboné.....	0,04
	<hr/>
	100,00

Dans ce mélange, l'acide carbonique entre en forte proportion, 4,6 0/0, mais ce gaz ne peut être la cause de la mort de l'animal ; nous verrons en effet, plus loin, que l'acide carbonique doit être employé à une dose beaucoup plus forte pour devenir toxique.

L'hydrogène carboné est un gaz inoffensif, c'est donc à l'oxyde de carbone que Leblanc attribua l'empoisonnement de l'animal ; ce gaz est très toxique, puisque la proportion dans l'air de 0,54 0/0 ou de $\frac{1}{185}$ a suffi pour tuer un chien.

D'après F. Leblanc, 1 kilogramme de braise de boulanger en brûlant, peut rendre toxique l'air d'une pièce fermée ayant vingt-cinq mètres cubes de capacité.

L'expérience de Leblanc est bien souvent répétée : des personnes poussées au suicide par le chagrin ou par la misère emploient le réchaud de charbon pour se donner la mort. Dans d'autres cas, qui peuvent être aussi funestes, l'empoisonnement est produit par des appareils de chauffage défectueux, particulièrement par des poêles à combustion lente qui déversent dans l'air que nous respirons l'oxyde de

carbone qui peut tuer pendant le sommeil ; souvent aussi, on peut être empoisonné par les produits de combustion du poêle d'un voisin, car dans les cheminées parisiennes qui sont composées simplement de tuyaux de poterie superposés, unis par du plâtre, le ramonage à l'aide d'une sorte de hérisson en fil de fer, enlève facilement le plâtre ; il s'établit entre les tuyaux voisins et parallèles des communications qui sont très fréquentes et qui permettent le reflux des gaz toxiques.

Observation d'empoisonnement par l'oxyde de carbone. — Je citerai à ce propos, une observation qui m'a été communiquée récemment par le savant membre de l'Académie des sciences, M. Grandidier : dans un hôtel de l'avenue des Champs-Élysées, habitait au premier étage une famille composée de quatre personnes, le père, la mère, une jeune fille et une domestique qui jouissaient d'une bonne santé ; tout à coup, pendant l'hiver, ces quatre personnes devinrent malades ; elles se plaignaient de maux de tête persistants, d'un affaiblissement progressif qui les força bientôt à s'aliter : le médecin appelé ne reconnut point d'abord la cause des accidents ; malgré ses soins, les mêmes troubles persistaient, la faiblesse des malades était extrême ; à force de recherches et de sagacité, le médecin finit par découvrir qu'un étranger était venu habiter l'étage supérieur de la maison, qu'il avait fait installer un poêle qu'il faisait chauffer avec du charbon de bois ; les produits de la combustion qui renferment beaucoup d'oxyde de carbone, se répandaient par une communication latérale entre des tuyaux de cheminée ; c'était bien la cause des accidents, car la famille ayant déménagé, d'après le conseil du médecin, les quatre personnes recouvrèrent rapidement la santé.

Il est utile de savoir que l'empoisonnement produit par l'oxyde de carbone, laisse souvent chez l'homme, des traces plus durables : on a constaté des accidents paralytiques incurables à la suite d'un empoisonnement aigu ; jamais je n'ai observé d'accidents analogues chez des animaux qui avaient été soumis à l'action de l'oxyde de carbone.

Mécanisme de l'empoisonnement. — Claude Bernard, mon illustre maître, a fait connaître le mécanisme de cette action toxique ; il a démontré par une série d'expériences conduites avec la plus grande habileté, que l'oxyde de carbone est



poison du sang et en particulier de l'hémoglobine, matière colorante des globules rouges du sang. Si l'on agite, comme l'a fait ce grand physiologiste, du sang artériel ou oxygéné avec de l'oxyde de carbone, ce gaz se substitue à l'oxygène qu'il déplace, volume à volume, en donnant avec l'hémoglobine une combinaison plus fixe que celle qui se forme avec l'oxygène dans les poumons. Ce fait fondamental découvert par Claude Bernard peut se démontrer d'une manière très simple avec du sang de bœuf défibriné que l'on se procure facilement dans les abattoirs ; voici comment j'opère :

100 centimètres cubes de sang de bœuf défibriné, agité avec de l'air ou de l'oxygène, absorbent environ 18 à 20 centimètres cubes d'oxygène (capacité respiratoire du sang) ; je fais passer dans une longue cloche pleine de mercure d'une capacité de 150 centimètres cubes, 20 centimètres cubes d'oxyde de carbone, je ferme la cloche avec le pouce recouvert d'un doigtier de caoutchouc et je la porte dans un verre plein de sang défibriné ; en ouvrant la cloche peu à peu, je laisse entrer du sang qui remplace le mercure qui s'écoule ; il est facile de faire pénétrer 100 centimètres cubes de sang ; l'ouverture de la cloche est fermée avec un bouton de caoutchouc ; j'agite vivement pendant quelques minutes le gaz, le sang et le mercure, puis la cloche est ouverte dans une cuve à eau, le mercure tombe dans un verre, le sang s'écoule peu à peu ; on peut le déplacer rapidement en faisant arriver dans la cloche un courant d'eau par un ajutage de verre ; en retournant la cloche fermée, on reconnaît que dans le gaz restant, dont le volume est resté le même, une allumette presque éteinte se rallume aussitôt : c'est de l'oxygène qui a été déplacé par l'oxyde de carbone.

Claude Bernard a fondé sur ce fait de substitution qu'il a découvert, une méthode d'analyse des gaz du sang qui fait connaître exactement l'oxygène, mais qui ne déplace qu'une faible portion de l'acide carbonique que l'on obtient complètement par l'emploi de la pompe à mercure.

La pompe à mercure qui est représentée par la figure 4, se compose d'un tube barométrique qui a été soudé à une ampoule de verre dont le volume est égal à un demi-litre environ ; au-dessus de l'ampoule, le constructeur a soudé un robinet de verre à trois voies (robinet que l'illustre Regnaud

a utilisé dans un grand nombre d'appareils); à l'extrémité inférieure du tube barométrique, on a fixé un long tube de

caoutchouc entoilé, attaché d'autre part à une ampoule que l'on fait mouvoir à l'aide d'un treuil, d'un cordon et d'une poulie.

Cet instrument rempli de mercure permet de faire dans un récipient uni au tube d'aspiration un vide beaucoup plus parfait que celui qui est donné par la machine pneumatique. Après un certain nombre de manœuvres de la pompe, on obtient dans le récipient le vide absolu.

Lorsque l'homme ou lorsqu'un animal respire de l'air contenant de l'oxyde de carbone, ce gaz est absorbé dans les poumons par le sang qui circule d'une manière continue dans les vaisseaux capillaires fort nombreux formant des réseaux extrêmement riches; j'ai étudié tout particu-

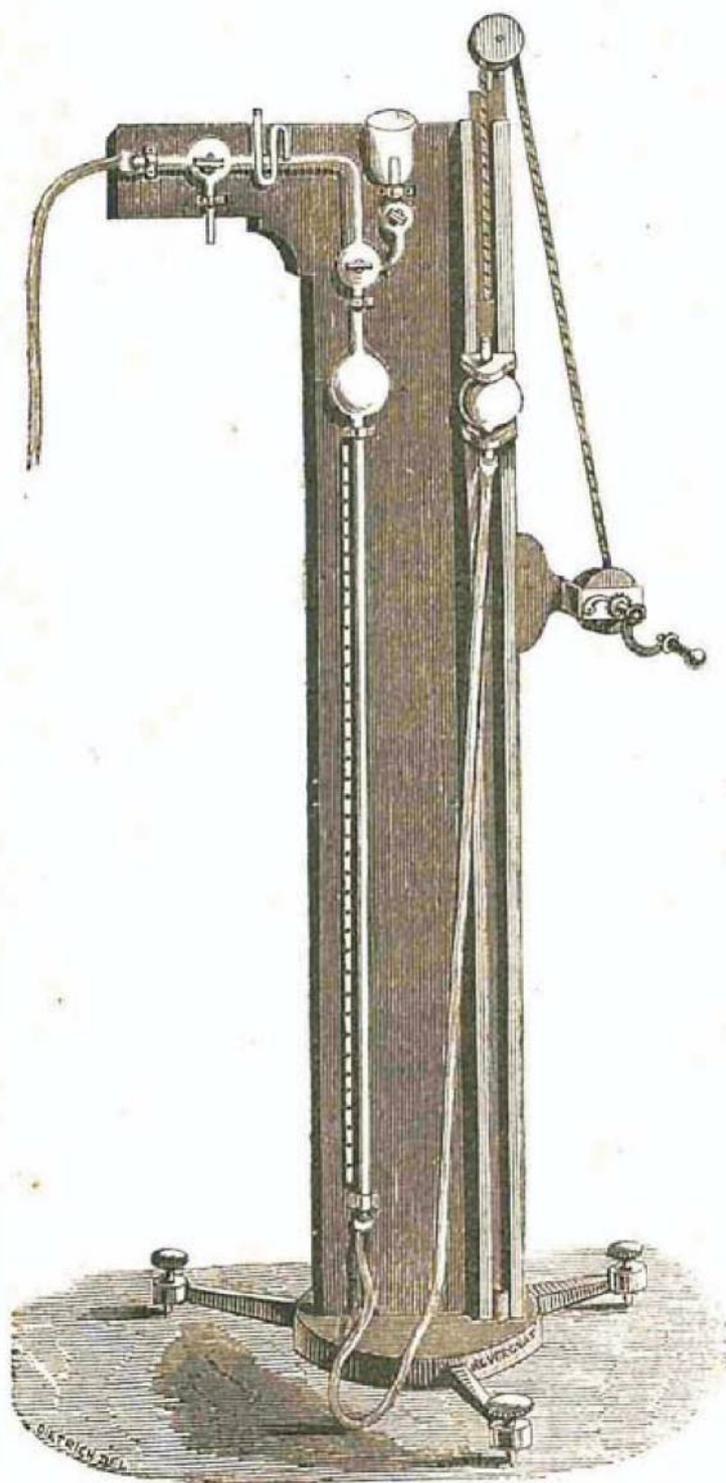


Fig. 4. — Pompe à mercure servant à l'extraction du gaz du sang et très semblable à celle qu'emploie M. Gréhant. — Figure communiquée par M. Chabaud, constructeur.

lièrement les conditions de cette absorption et j'ai découvert une loi que je dois faire connaître ici, car elle m'a permis

d'employer l'animal pour reconnaître l'oxyde de carbone et pour le doser dans l'air confiné; je suis arrivé à déceler par mon procédé un dix-millième de ce gaz, avec une grande exactitude.

Loi d'absorption de l'oxyde de carbone. — Je compose dans un gazomètre un mélange d'air et d'oxyde de carbone contenant un millième de ce gaz; 200 litres d'air ont reçu 200 centimètres cubes d'oxyde de carbone pur; je fais respirer ce mélange à un chien pendant une demi-heure, après avoir isolé l'artère carotide et après avoir fixé un tube dans ce vaisseau: l'animal respire avec une muselière de caoutchouc bien appliquée sur la tête, et à l'aide de soupapes à eau permettant l'inspiration dans le gazomètre et l'expiration dans l'air; au bout d'une demi-heure, j'aspire dans l'artère à l'aide d'une seringue du sang que j'introduis dans un ballon récipient complètement vide, chauffé à 40° et uni à la pompe à mercure; j'extrais les gaz du sang qui sont recueillis dans une cloche pleine de mercure et analysés; l'acide carbonique est absorbé par la potasse, l'oxygène par l'acide pyrogallique, l'azote reste; je fais passer ensuite dans le récipient 50 centimètres cubes d'acide acétique et j'élève la température du bain-marie jusqu'à 100°; j'obtiens ainsi la décomposition de l'hémoglobine oxycarbonée; le gaz devient libre, je le recueille dans une seconde cloche; pour le doser, après avoir absorbé une trace d'acide carbonique par la potasse, je fais passer la cloche sur l'eau, et j'introduis un petit tube à essai contenant du protochlorure de cuivre; par l'agitation, j'absorbe complètement l'oxyde de carbone.

Si l'on opère sur 100 centimètres cubes de sang, on trouve qu'ils renfermaient exactement 5 centimètres cubes $\frac{5}{10}$ d'oxyde de carbone; voilà un résultat très important: un chien qui respire pendant une demi-heure un mélange à un millième d'oxyde de carbone a fixé dans 100 centimètres cubes de sang artériel 5 centimètres cubes $\frac{5}{10}$ d'oxyde de carbone.

Dans un mélange qui renferme $\frac{1}{2,000}$ d'oxyde de carbone, c'est-à-dire moitié moins, 100 centimètres cubes de sang ont absorbé 2,75 ou la moitié de 5 centimètres cubes $\frac{5}{10}$; dans

un mélange à $\frac{1}{10,000}$, 100 centimètres cubes de sang ont absorbé $\frac{55}{100}$ ou dix fois moins.

Il y a donc proportionnalité exacte entre le volume d'oxyde de carbone fixé par le sang et le volume de ce gaz qui se trouve dans l'air.

Cette loi m'a déjà rendu de grands services, elle pourra en outre être utile aux travailleurs qui s'occuperont de l'application à l'hygiène des résultats fournis par les recherches physiologiques.

Que doit-on faire pour se préserver de l'action si nuisible de l'oxyde de carbone? — Je ne puis trop conseiller d'employer les oiseaux comme réactifs physiologiques de l'oxyde de carbone; j'ai reconnu qu'une atmosphère qui renferme $\frac{1}{500}$ de ce gaz, est mortelle pour un petit oiseau et peut-être serait-elle mortelle également pour l'homme pendant le sommeil, car, si la loi d'absorption que j'ai trouvée en expérimentant chez le chien peut être appliquée à l'homme, sur qui je ne me permettrai jamais de faire des expériences d'absorption, on arrive à la conclusion suivante: dans un mélange à $\frac{1}{500}$, 100 centimètres cubes de sang artériel contiendraient au bout d'une demi-heure 44 centimètres cubes d'oxyde de carbone; le sang artériel serait à moitié oxycarboné, la moitié seulement de l'hémoglobine resterait seule capable d'absorber l'oxygène nécessaire à l'entretien des fonctions de nos éléments anatomiques.

Si comme cela s'est présenté plusieurs fois, on voit des oiseaux contenus dans une cage mourir sans cause apparente, l'attention peut être attirée sur un empoisonnement par l'oxyde de carbone provenant d'un foyer ou d'une cheminée et des accidents graves qui auraient pu se produire chez l'homme peuvent être évités.

J'ai appris qu'une dame qui faisait chauffer son salon avec un poêle mobile à combustion continue, fut fort surprise et fort contrariée en trouvant mortes, le matin, deux perruches qui se trouvaient dans la même cage et dans le salon; ce fut un avertissement salutaire qui démontra que l'atmosphère

phère confinée était devenue toxique : on abandonna aussitôt un mode chauffage aussi périlleux.

Un des médecins les plus éminents de Paris me disait que pendant l'hiver, il ne se passe pas une semaine sans qu'il soit appelé à donner des soins à des personnes empoisonnées par la vapeur de charbon. *Caveant consules.*

Avertisseur d'oxyde de carbone du Dr Gréhant. — J'ai fait construire tout récemment par M. Noé, un appareil qui est fondé sur l'emploi d'un oiseau, maintenu en cage et d'un dispositif spécial ; quand l'oiseau empoisonné par l'oxyde de carbone tombe sur le fond de la cage, un timbre électrique se met à vibrer et prévient aussitôt du danger.

J'espère que cet avertisseur permettra d'éviter des accidents qui sont si souvent mortels.

Secours à donner aux personnes empoisonnées par la vapeur de charbon. — La première chose à faire c'est de transporter les personnes dans une autre pièce ou salle ; à la campagne, je n'hésiterais pas à les faire porter au grand air ; il faut les coucher, enlever les vêtements qui pourraient entraver les mouvements de la poitrine ; par des pressions faites sur le thorax, on pratique la respiration artificielle.

Si l'on peut se procurer de l'oxygène, on insuffle ce gaz vital par excellence dans les poumons, en ayant soin de ne pas trop dilater ces organes, afin de ne point déchirer leur tissu et de ne point provoquer d'emphysème. Dans toutes les pharmacies, à Paris, on trouve des récipients à oxygène préparé à l'avance.

On frictionne et on flagelle avec des linges diverses parties du corps ; si les mouvements respiratoires spontanés ne reviennent pas, il faut recourir immédiatement à l'excellent procédé de mon ami le docteur Laborde, des *Tractions rythmées de la langue*, qui est le moyen le plus puissant du rappel du réflexe respiratoire et de la *fonction de respiration*.

Voici la technique du procédé tel qu'il est décrit par le docteur Laborde :

Saisir solidement le corps de la langue (tiers antérieur) entre le pouce et l'index avec un linge quelconque, ou le mouchoir qu'on a dans sa poche, ou même avec les doigts nus, et exercer sur elle, de quinze à vingt fois par minute, de fortes tractions réitérées, successives, rythmées, suivies de relâ-

chement, en imitant les mouvements rythmés de la respiration elle-même.

Pendant les tractions, il importe de sentir que l'on tire bien sur la *racine* de la langue qui s'y prête, par son élasticité et sa passivité, surtout dans le cas de la mort apparente.

Lorsqu'on commence à sentir une certaine résistance, c'est que la fonction respiratoire se rétablit, et que la vie revient ; il se fait alors, habituellement, un ou plusieurs mouvements de déglutition, bientôt suivis d'une inspiration bruyante, que j'appelle le *hoquet inspirateur*, premier signe de la reviviscence.

Si, au moment de saisir la langue, les mâchoires sont encore contractées et les dents serrées, les écarter en forçant, avec les doigts si c'est possible, ou avec un corps résistant quelconque, morceau de bois, manche de couteau, bouchon, dos de cuiller ou de fourchette, extrémité d'une canne, etc., etc. S'il s'agit d'un noyé, en prenant la langue et tout au début des tractions, il est utile d'introduire l'index de l'autre main, au fond de l'arrière-gorge, de façon à aider la provocation du vomissement, afin de dégager, autant que possible, l'estomac de l'eau ou des aliments qui l'encombrent.

On peut se servir, pour saisir la langue et tirer sur elle, d'une pince appropriée, mais il ne faut pas oublier que l'on peut se passer de tout instrument et se servir uniquement de ses doigts : c'est ce qui donne au procédé toute sa valeur pratique, et qui le met à la portée de tous.

Il est d'une importance capitale de continuer les *tractions*, avec persistance, sans se lasser et se décourager, durant un temps assez long, le résultat pouvant encore être obtenu après une demi-heure, une heure et plus de l'emploi ininterrompu du procédé ; on peut, en ce cas, se relayer.

Note sur un cas de mort apparente par asphyxie toxique avec rappel à la vie par le procédé des tractions rythmées de la langue, par le docteur Springer, d'Alençon.

« Le 9 août dernier, j'étais appelé à donner mes soins à trois hommes retirés inanimés d'une fosse à fumier, qui recevait, en outre, les résidus d'une fabrique d'eau de seltz.

De ces trois hommes, F... tombé le premier et retiré le dernier, avait séjourné environ vingt minutes au fond de la fosse. L... et G... descendus successivement pour lui porter secours, tombent sur lui et sont retirés, C... au bout de quel-

ques minutes, L... un peu plus tard. Après une demi-heure pour L... et trois quarts d'heure pour C, ils ont repris toute leur connaissance par les moyens ordinaires : respiration artificielle, frictions, affusions froides, etc.

« F... qui, à mon arrivée, ne présentait plus ni pulsations, ni mouvements respiratoires appréciables, ne donne encore aucun signe de vie au bout de vingt à vingt-cinq minutes, bien qu'énergiquement soumis au même traitement que ses camarades. On m'apporta, à ce moment, les pinces que j'avais demandées; sa langue est vivement saisie et à ma grande joie j'obtiens, dès la deuxième traction, une inspiration bien-tôt suivie d'une série d'autres.

« Pendant une heure et demie, les mouvements respiratoires se ralentissent et cessent dès que les tractions sont suspendues, et ce n'est qu'après ce temps qu'il m'est possible d'abandonner sans inconvénient la langue.

« Le malade ne sort définitivement du coma qu'après trente-six heures d'excitations de toute espèce.

« Cette observation montre qu'il ne faut pas se hâter d'abandonner le malade et que, pour parer à toute éventualité, il est nécessaire au moins dans les cas analogues à celui-ci, de se tenir prêt à recommencer, pendant un temps assez long et sans se décourager, les manœuvres de traction, quelque précaire que puisse paraître au premier abord le résultat final.¹ »

CHAPITRE III

ACIDE CARBONIQUE

Préparation et formation. — Ce gaz se produit quand on verse un acide sur du carbonate de chaux, marbre, pierre à bâtir, craie, etc.; dans les laboratoires, on emploie un flacon à deux tubulures ou mieux l'appareil de Sainte-Claire Deville et Debray, formé de grands flacons à deux tubulures réunis à leur partie inférieure par un large tube de caoutchouc; (fig. 5), on fait agir l'acide chlorhydrique étendu sur des

1. *Les tractions rythmées de la langue*, par J.-V. Laborde, membre de l'Académie de Médecine. Félix Alcan, éditeur.

morceaux de marbre blanc; l'acide carbonique se dégage et il se produit du chlorure de calcium qui est très soluble dans l'eau; on recueille le gaz sur l'eau qui en dissout à peu près son volume.

L'acide carbonique gazeux est absorbé par la potasse; si dans une cloche de verre remplie du gaz on introduit un petit tube à essai plein d'une solution de potasse ou de soude et si l'on agite après avoir fermé la cloche avec un bouchon plein de caoutchouc, le gaz est absorbé complètement.

L'acide carbonique est impropre à la combustion; il est plus dense que l'air; si l'on verse une cloche pleine de ce gaz au-dessus de la flamme d'une bougie, on observe aussitôt l'extinction de la flamme.

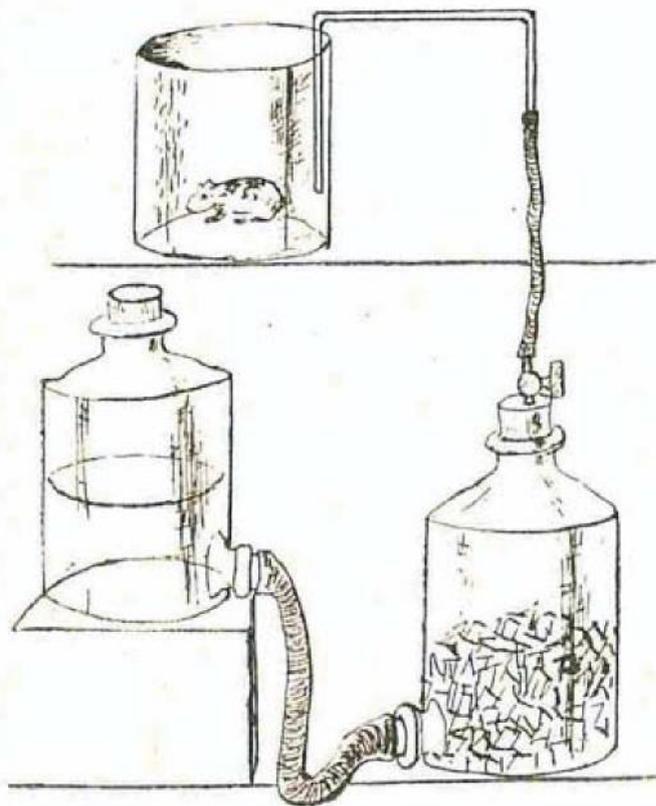


Fig. 5. — Appareil de H. Sainte-Claire Deville et Debray, pour la préparation de l'acide carbonique; empoisonnement d'un cobaye par ce gaz.

On emploie quelquefois pour éteindre un incendie qui commence des récipients métalliques spéciaux appelés matafuegos, dans lesquels se trouve un flacon d'acide et du carbonate de soude; par le renversement du récipient, on produit le mélange qui donne lieu à un violent dégagement d'acide carbonique; en ouvrant un robinet, on produit un jet de gaz et de liquide qui est très efficace pour éteindre le feu.

On souffle des bulles de savon avec de l'air expiré, on voit les bulles tomber sur la surface qui limite la couche d'acide

Expériences. — On fait arriver dans un large cylindre de verre par le fond un courant d'acide carbonique; le gaz s'élève peu à peu dans le récipient en déplaçant l'air; une bougie fixée à l'extrémité d'un fil de fer introduite dans le gaz s'éteint aussitôt.

On souffle des bulles de savon avec de l'air expiré, on voit les bulles tomber sur la surface qui limite la couche d'acide

carbonique et rebondir dans l'air; bien que l'air qui sort des poumons et qui gonfle la bulle renferme de 4 à 5 0,0 d'acide carbonique, le poids de l'enveloppe liquide très mince et de son contenu gazeux est inférieur au poids du volume d'acide carbonique déplacé.

Empoisonnement d'un animal par l'acide carbonique. — On introduit un petit animal, un cobaye ou cochon d'Inde, par exemple, dans le récipient plein d'acide carbonique: (fig. 5) au bout de quelques secondes l'animal tombe sur le flanc, présente souvent des convulsions et de la dyspnée ou difficulté à respirer; l'arrêt de la respiration et du cœur a lieu en un minute et demie; si l'on retire l'animal aussitôt qu'il est tombé, des manœuvres de respiration artificielle faites sur le thorax peuvent le ramener à la vie; mais au bout de deux minutes de séjour dans l'acide carbonique, la mort a été définitive.

Cette expérience peut être reproduite dans la nature; il existe à Pouzzoles près de Naples, une grotte célèbre que l'on appelle la grotte du Chien. C'est une excavation dont le sol est le siège d'un dégagement continu d'acide carbonique; le gaz se déverse par l'ouverture de la grotte et remplit la partie qui se trouve en contre-bas; un homme qui pénètre dans cette grotte respire de l'air pur, car la tête se trouve au-dessus de la couche d'acide carbonique tandis qu'un chien introduit de force tombe au bout de quelques instants empoisonné par l'acide carbonique; le gardien qui sert de guide aux voyageurs retire toujours à temps l'animal qui revient à la vie lorsqu'il est porté au dehors dans l'air pur et il paraît que le même animal sert longtemps à la répétition de cette curieuse expérience.

Accidents dans les puits. — Il arrive souvent que des ouvriers en pénétrant dans certains puits y ont trouvé la mort; il y a quelques années, un ouvrier en descendant dans un puits à Clamart pour y travailler, tomba aussitôt en appelant au secours; deux hommes courageux descendirent successivement et furent victimes de leur dévouement, il y eut trois victimes; on ne devrait descendre dans un puits pour y porter secours qu'après s'être muni d'un appareil spécial qui est employé par les pompiers de Paris.

Les frictions sur la peau, la flagellation, les manœuvres de respiration artificielle et surtout la traction rythmée de la lan-



répétée 15 fois par minute, selon la méthode du Dr Laborde, peuvent faire revenir à la vie l'homme empoisonné, au bout d'un quart d'heure, d'une demi-heure et même d'une heure.

Précaution à prendre. — Ce n'est pas toujours l'acide carbonique qui remplit l'atmosphère des puits, il y a souvent dans certaines couches de terrain des matières organiques qui absorbent l'oxygène; c'est ce que l'on a pu constater dans les puits de Gennevilliers qui ont causé la mort de plusieurs ouvriers, par suite de privation d'oxygène, mais quelle que soit la cause qui rende l'air d'un puits irrespirable, il y a une précaution très simple qui devrait être obligatoire, qui peut toujours mettre à l'abri des accidents et que j'ai indiquée depuis longtemps : elle consiste à faire descendre dans le puits avant le commencement du travail un petit animal contenu dans une cage, un cochon d'Inde, un rat, une souris ou un oiseau et à laisser la cage pendant une heure au-dessus de l'eau; si, au bout de ce temps, la cage étant retirée, l'animal est trouvé bien portant, les ouvriers peuvent descendre sans crainte.

Mais il faut avoir soin de recommencer cet essai lorsque les ouvriers quittent leur travail, car j'ai été fort surpris en lisant un jour le récit d'accidents mortels survenus dans un puits chez des ouvriers qui avaient travaillé toute la matinée sans rien éprouver et qui, reprenant leur tâche l'après-midi, ont succombé à l'action de gaz délétères qui s'étaient accumulés pendant leur absence. Pour donner aux ouvriers une sécurité complète, il serait donc prudent de laisser un animal dans le puits avec les aliments nécessaires pendant les heures d'interruption du travail.

Pour renouveler l'air intérieur, il est en outre utile et quelquefois indispensable d'employer un ventilateur qui envoie de l'air pur au fond du puits.

Appareil du commandant Krebs, employé par les sapeurs-pompiers de Paris. — Grâce à l'obligeance de M. le capitaine ingénieur Cordier qui a fait fonctionner devant moi l'appareil inventé par le commandant Krebs, de l'état-major des pompiers de Paris, je puis décrire ici cet ingénieux appareil qui a déjà rendu de grands services, en préservant les pompiers de l'empoisonnement par les gaz délétères, de l'asphyxie par la fumée et en leur permettant de procéder rapidement



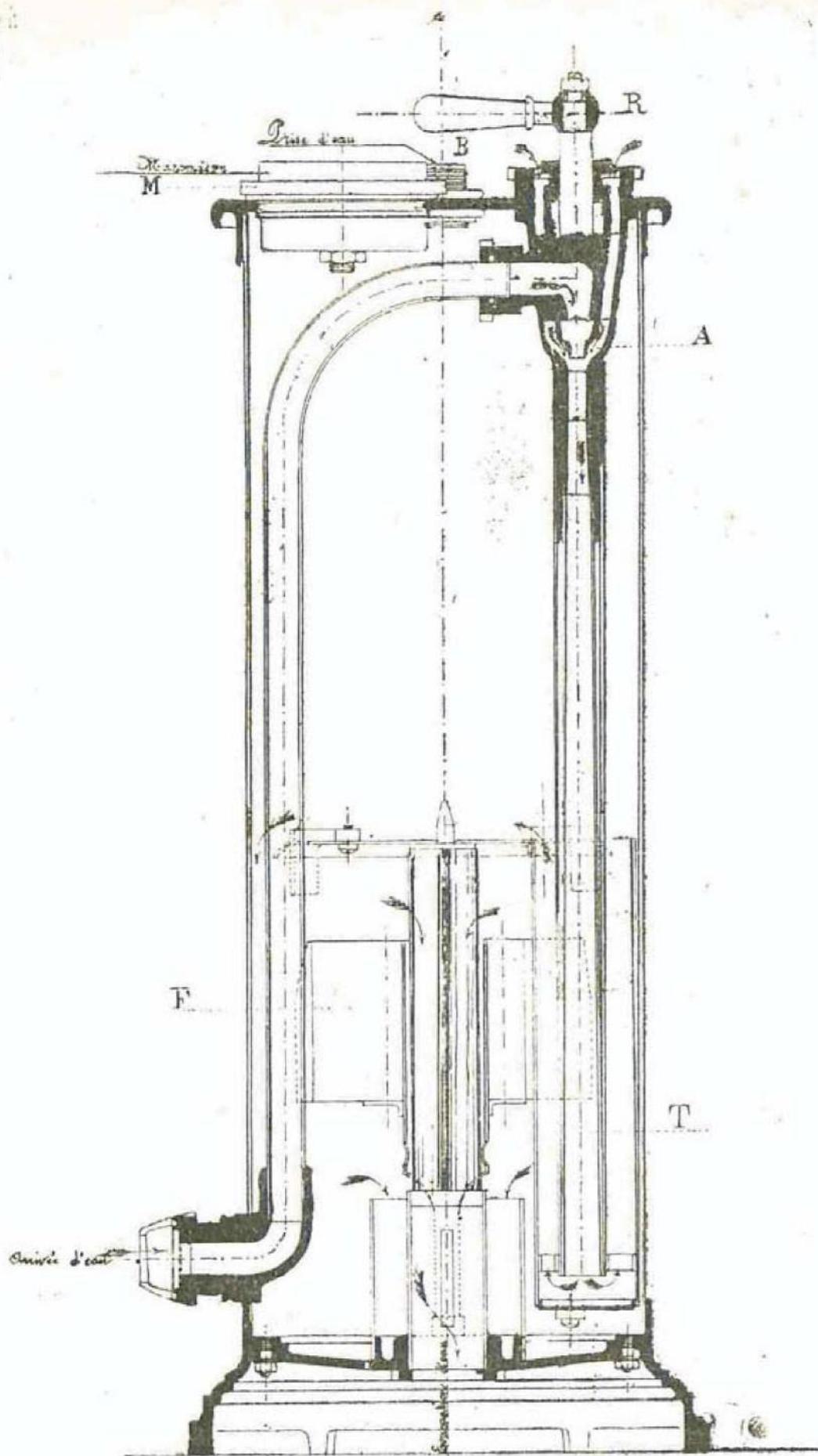


Fig. 6. — Trompe soufflante du commandant Krebs. — R. Robinet à manette. — A. Ajustage conique. — T. Tuyau vertical parcouru par le courant d'air et d'eau. — F. Flotteur qui règle l'échappement de l'eau.

sauvetage de malheureux qui étaient sur le point de périr.

Cet appareil se compose de deux parties : une trompe soufflante et un casque spécial. La trompe représentée en coupe par la figure 6 se compose d'un cylindre métallique qui reçoit par un tuyau uni à l'une des conduites d'eau de la ville un courant d'eau sous pression de 20 à 40 mètres, qui est réglé à l'aide d'un robinet à manette R ; l'eau pénètre avec grande vitesse par un ajutage conique A dans un cône tronqué à orifice plus large qui se continue par un tuyau vertical T se rendant jusqu'en un point voisin de la base du cylindre ; l'air est énergiquement entraîné par le jet de liquide et le mélange d'air et d'eau s'échappe par l'extrémité du tuyau ; l'air plus léger s'élève au-dessus de l'eau et se dégage au dehors par un ajutage supérieur auquel on fixe un long tube de caoutchouc entoilé ayant 2 centimètres de diamètre et qui vient s'unir au casque. Mais il est essentiel que la trompe fournisse un courant d'air et jamais d'eau : pour cela, le commandant Krebs a fait disposer un flotteur guidé par une tige prismatique formé



Fig. 7. — Casque spécial qui s'adapte exactement sur la tête. — P. Petite pompe à air.

d'un cylindre métallique creux plein d'air qui s'élève avec le niveau de l'eau et ouvre de plus en plus un orifice d'échappement de l'eau qui se trouve au centre de la base du cylindre, de telle sorte que l'eau s'échappe constamment par cette ouverture et ne peut jamais pénétrer dans le conduit qui fournit au pompier de l'air pur nécessaire à la respiration.

Le casque (fig. 7) est disposé d'une manière très ingénieuse : par sa forme il rappelle un casque grec ; il se fixe sur la tête et porte deux prolongements latéraux qui sont noués sous le menton ; mais à l'intérieur se trouve enchassé dans le métal un bourrelet de caoutchouc qui est insufflé avec de l'air comprimé par le pompier lui-même, à l'aide d'une petite pompe P fixée dans le cimier du casque qui est mise en mou-

vement jusqu'à ce que le bourrelet appuyant sur l'occiput, sur les parties latérales de la face et sous le menton produise une fermeture complète; il n'y a pas la moindre constriction du cou, la circulation n'est nullement gênée.

Un ajutage situé en arrière du casque reçoit le tuyau qui vient de la trompe; si la pression de l'eau de la ville est de 20 mètres, 80 litres d'air sont envoyés à la minute; si la pression de l'eau est égale à 40 mètres, ce qui doit être la pression normale dans les bouches d'incendie, le débit par minute est de 160 litres; ces volumes d'air qui s'échappent par une ouverture E située à la partie antérieure du casque, au-dessous des verres enchassés dans le métal, entraînent complètement l'air expiré et permettent à l'homme de respirer de l'air pur, même quand il pénètre dans les atmosphères les plus délétères.

Pour compléter cette heureuse invention, on emploie une petite lampe électrique à incandescence animée par une pile de Trouvé formée de cylindres de zinc amalgamé et de cylindres de charbon; quand on fait plonger les éléments dans une solution d'acide chromique dans l'acide sulfurique, la lampe s'illumine; une lampe à incandescence offre un grand avantage: si on l'introduit dans un mélange détonant, d'air et de gaz d'éclairage par exemple, il ne peut pas y avoir détonation.

On emploie couramment l'oxygène préparé par l'usine de Passy et comprimé à 7 ou 8 atmosphères dans des cylindres métalliques, pour porter les premiers secours aux asphyxiés.

A quelle dose l'acide carbonique est-il nuisible et peut-il devenir toxique? — L'air atmosphérique ne contient que 3 dix millièmes d'acide carbonique, mais lorsqu'un certain nombre de personnes respirent dans une chambre fermée, la proportion de ce gaz augmente peu à peu. Il est très rare que l'air d'un appartement ou d'une salle contienne 1 0/0 d'acide carbonique; ce n'est que dans des cas exceptionnels qu'un de mes élèves, le D^r Braud, a pu constater dans l'air confiné un chiffre aussi élevé d'acide carbonique; c'était à la fin d'une conférence brillante sur la matière radiante qui avait été faite dans un amphithéâtre de l'École de médecine de Paris par le professeur Crookes devant un grand nombre d'auditeurs et qui avait duré une heure et demie.

Quelle peut être l'influence sur l'organisme d'une pareille proportion d'acide carbonique? pour le décider expérimentalement, j'ai déterminé le poids d'acide carbonique exhalé par l'homme et par un animal pendant cinq minutes et j'ai fait respirer à l'homme et à un animal (chien) un mélange d'air et d'acide carbonique à 1 0/0; j'ai reconnu que le poids d'acide carbonique exhalé par le sang dans les poumons était sensiblement diminué. Cette diminution est encore plus grande si l'on fait respirer des mélanges à 2 et 3 0/0. Enfin lorsqu'on fait circuler dans les poumons d'un chien, un mélange d'air et d'acide carbonique à 7 0/0, on trouve au début de l'expérience que le poids d'acide carbonique absorbé par les poumons est égal au poids de ce gaz qui est exhalé, il y a équilibre : mais alors le gaz se fixe dans le sang et dans les tissus.

Pour observer chez l'animal des phénomènes plus marqués et qui peuvent se terminer par la mort, il faut accroître beaucoup la proportion de l'acide carbonique dans l'air que l'on fait respirer à un animal.

Expérience de Paul Bert. — Paul Bert (*Pression barométrique*, V. Masson, éditeur), a fait respirer un chien dans un sac de caoutchouc plein d'oxygène, de sorte que l'animal expirait et inspirait directement dans le sac; il a constaté dans les heures successives un ralentissement des mouvements respiratoires et des contractions cardiaques; l'oxygène absorbé par le sang et consommé dans les tissus était remplacé par une proportion croissante d'acide carbonique; au bout d'un temps assez long, l'animal devint complètement anesthésié, on touchait la cornée et les paupières ne se fermaient plus; il y avait alors dans le sang artériel de 80 à 90 0/0 d'acide carbonique; l'expérience fut continuée, Paul Bert observa un grand abaissement de la température, la production de la chaleur était fortement diminuée; puis l'animal mourut par arrêt de la respiration et par arrêt du cœur. Si comme l'a fait Paul Bert, on extrait après la mort l'acide carbonique du sang et des tissus, on trouve que 100 grammes de sang ou 100 grammes de tissus renferment environ de 115 à 120 centimètres cubes d'acide carbonique.

Cette expérience démontre qu'il est possible d'obtenir chez un animal l'anesthésie complète en faisant usage de l'acide carbonique; j'ai souvent produit l'anesthésie chez des lapins

en leur faisant respirer un mélange de 45 0/0 d'acide carbonique, d'air et d'oxygène tel que sur 100 volumes il y avait 24 d'oxygène; au bout de deux à trois minutes l'anesthésie est obtenue; on peut la maintenir pendant deux heures, mais lorsqu'on rend l'air pur à l'animal il recouvre presque immédiatement la sensibilité de la cornée; toutefois, au bout de cinq à dix minutes, il arrive parfois que l'animal succombe brusquement pendant la période d'élimination du poison. Il résulte de ce fait qu'il faut condamner absolument l'emploi de l'acide carbonique comme anesthésique général; chez l'homme ce gaz rendrait peut être des services comme anesthésique local dans le cas de plaies superficielles ou profondes.

CHAPITRE IV

HYGIÈNE DU CHAUFFAGE ET DE L'ÉCLAIRAGE

Rien n'est plus commun que l'emploi direct de divers combustibles pour chauffer l'air confiné. On voit à Paris, pendant l'hiver, les voitures publiques chauffées par des briquettes de charbon à combustion lente, qui, contenues dans une chaufferette, déversent l'oxyde de carbone et l'acide carbonique qui résultent de leur combustion.

M. le professeur Gautier, membre de l'Institut, a fait connaître des résultats d'analyses qui montrent combien ce procédé de chauffage est dangereux et il a signalé les nombreux accidents qu'il a produits.

Un cocher qui s'était endormi dans sa voiture chauffée par une briquette ne s'est pas réveillé.

Un autre cocher qui dans sa chambre à coucher avait apporté une chaufferette contenant une briquette allumée a été trouvé mort le lendemain.

Enfin, tout récemment, un médecin fort connu qui avait pris une voiture chauffée a éprouvé des accidents sérieux d'empoisonnement qui l'ont forcé d'abandonner la voiture.

La première chose que je conseille de faire lorsqu'on prend une voiture, c'est de dire au cocher de se mettre la chaufferette sous les pieds, mais cela ne résout pas le problème du chauffage des voitures.

Le procédé le meilleur consisterait dans l'emploi de bouilloires remplies d'eau bouillante que l'on peut se procurer facilement à Paris dans les réservoirs d'eau chaude qui sont à la disposition du public. On peut aussi employer les briquettes, mais il faut que leur combustion ait lieu dans un appareil fixé au dehors ou au-dessous du véhicule; l'air chaud et les produits de la combustion doivent passer dans un tuyau métallique à surface supérieure plane enchassée dans le plancher de la voiture : cette disposition est en usage dans certaines voitures publiques.

Il faut renoncer absolument à l'emploi des briquettes et des chaufferettes mobiles; si le volume d'air contenu dans une voiture de place est égal à un mètre cube, il suffit qu'un litre d'oxyde de carbone soit dégagé pour que la proportion du gaz toxique devienne $1/1000$; j'ai reconnu chez un animal que dans ces conditions, au bout d'une heure, la moitié du sang est oxycarbonée.

Je dois maintenant donner quelques conseils pour le chauffage des appartements et pour l'emploi des foyers qui sont nécessaires pour la préparation des aliments. Ce qui doit préoccuper tout d'abord, c'est l'échappement au dehors de tous les produits de combustion; toutes les fois que ceux-ci se répandent dans l'air que nous respirons au lieu de s'échapper par une cheminée ou par un tuyau, nous subissons nécessairement un commencement d'empoisonnement.

Ainsi il existe dans beaucoup de cuisines à la ville et à la campagne des réchauds dans lesquels on brûle de la braise de boulanger ou du charbon de bois en plein air, sans qu'il y ait ni hotte, ni ouverture au-dessus des foyers; les gaz se répandent dans la pièce, circulent dans les poumons, l'oxyde de carbone et l'acide carbonique sont fixés par le sang. Il faut donc pour obéir aux principes de l'hygiène, abandonner des foyers aussi primitifs et il faut utiliser soit une cuisinière munie d'un tuyau se rendant directement au dehors, soit un réchaud placé dans une cheminée, soit le feu allumé dans une cheminée; pour reconnaître si le tirage est parfait on peut jeter sur le foyer du papier, ou de la paille, ou du sel ammoniac: la fumée qui se produit doit être entraînée tout entière.

J'ai étudié expérimentalement les conditions qu'il faut remplir pour obtenir un tirage complet, l'échappement de

tous les produits de combustion et j'ai choisi à dessein un foyer très énergique qui peut être utilisé pour chauffer de vastes salles ou pour établir un chauffage public pendant les grands froids de l'hiver, je veux parler du brasero des gaziers que nous voyons si souvent allumé dans les rues de Paris.

Recherches sur la combustion du coke dans un brasier des gaziers. — Je me suis procuré un de ces braseros chauffé au coke que M. Akar a eu l'obligeance de me prêter; le combustible est allumé avec de la braise et du charbon de bois; l'air arrive par la grille et par des trous nombreux (200) que présente la surface cylindrique du brasero métallique.

La première question que je me suis posée est celle-ci : le brasero dégage-t-il de l'oxyde de carbone?

J'ai fait allumer en plein air, dans la cour de mon laboratoire, le brasero rempli de coke: il faut attendre une heure pour que toute la masse soit en combustion vive; j'ai fait disposer à 50 centimètres au-dessus du foyer l'extrémité d'un long tube de cuivre environné d'un réfrigérant à eau froide et j'ai fait respirer à un chien les gaz qui se composaient des produits de la combustion et de l'air entraîné; j'ai trouvé de

l'oxyde de carbone dans le sang de l'animal qui respira pendant deux heures et le volume de ce gaz que j'ai extrait du sang correspondait dans l'air à une faible proportion égale à

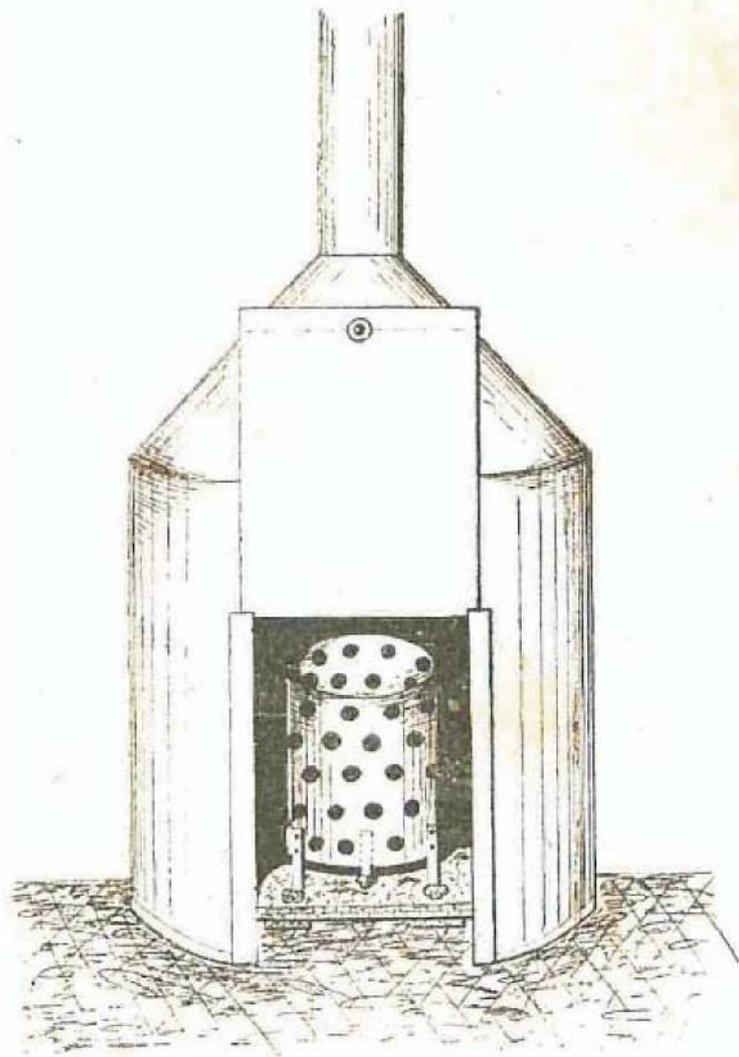


Fig. 8. — Brasero des gaziers avec enveloppe de tôle et tuyau entraînant les produits de la combustion.

1/9300; ainsi, le procédé à la fois physiologique et chimique que j'emploie m'a permis de reconnaître dans les produits de la combustion du brasero chauffé au coke une trace d'oxyde de carbone.

La combustion du brasero en plein air, on le démontre facilement en jetant du sel ammoniac sur le foyer, répand des produits gazeux dans tous les sens, la direction des courants d'air à la surface du sol étant très variable; il en résulte que l'emploi de cet appareil de chauffage au grand air ne peut présenter de danger; mais il n'en est plus de même si la combustion de ce foyer énergique a lieu dans une salle close; après deux heures de combustion dans une chambre d'une capacité de 100 mètres cubes, j'ai trouvé que l'air de la chambre renfermait 1/833 d'oxyde de carbone, proportion qui deviendrait dangereuse pour l'homme et qui pourrait être mortelle pendant un sommeil prolongé.

Une seconde question qui m'a paru très importante et qui a exigé un grand nombre d'expériences comparatives est celle-ci : comment peut-on entraîner complètement au dehors les produits de la combustion d'un brasero sans qu'il s'en dégage la moindre quantité dans la salle? Il a fallu pour obtenir ce résultat faire disposer autour du brasero une grande cloche cylindrique de tôle ayant 1^m,40 de diamètre, une hauteur égale à 1 mètre, surmontée d'un cône prolongé par un tuyau long de 6 mètres; sur l'un des côtés de la cloche j'ai fait disposer une porte à coulisse ayant 50 centimètres de large et une hauteur que l'on pouvait faire varier.

Pour obtenir un entrainement complet des gaz produits par la combustion du brasero des gaziers, il a suffi d'employer une ouverture ayant 50 centimètres de large et 25 centimètres de hauteur; dans ces conditions, si l'on jette à l'aide d'une cuiller du sel ammoniac sur le foyer, aucune particule de fumée ne se répand par cette ouverture; la fumée très abondante se dégage entièrement par le tuyau. Ce résultat pourra servir de base à toutes les modifications que les constructeurs devront apporter à l'avenir dans la construction des hottes ou des appareils qui doivent envelopper les fourneaux pour que la ventilation complète exigée par l'hygiène soit obtenue.

Chauffage par le gaz d'éclairage. — Rien n'est plus com-



mais il ne faudrait pas croire qu'il suffit, comme je l'ai vu faire, d'allumer dans une chambre un réchaud présentant un grand nombre d'ouvertures par lesquelles le gaz, mélangé avec l'air, brûle avec une flamme bleue. Beaucoup de personnes qui se servent du gaz pour la préparation des aliments, se contentent d'installer les fourneaux sur une table et laissent se dégager directement dans l'air tous les produits de la combustion; souvent on emploie des poêles à gaz qui n'ont point de tuyau de dégagement.

J'ai constaté un jour une autre disposition que je trouve aussi défectueuse : d'un poêle à gaz, qui servait à chauffer un cabinet de travail, partait un tuyau très court ayant moins d'un mètre de hauteur qui se rendait dans un trou percé dans le mur; ce tuyau, pendant que le gaz brûlait, restait toujours froid; c'était l'air extérieur qui descendait dans le tuyau pour fournir l'oxygène nécessaire à la combustion et tous les produits de la combustion se répandaient dans la pièce; ils circulaient dans les poumons de la personne qui travaillait au milieu de l'air vicié.

Or les produits de la combustion du gaz, je l'ai démontré, ne contiennent qu'exceptionnellement de l'oxyde de carbone, mais ils renferment de l'acide carbonique et de la vapeur d'eau; en outre l'air qui a servi à la combustion est privé d'une partie de l'oxygène, l'air vital par excellence. Le gaz d'éclairage renferme environ 75 0/0 de formène ou proto-carbure d'hydrogène : un volume de ce gaz exige pour brûler deux volumes d'oxygène et donne un volume d'acide carbonique; aussi, en recueillant les gaz pris au dessus d'un bec Bengel allumé, j'ai trouvé que le volume d'oxygène consommé est double du volume d'acide carbonique produit; on s'explique ainsi le malaise qu'éprouvent les employés qui travaillent dans les bureaux qui sont éclairés toute la journée, ou une grande partie de la journée pendant l'hiver, par un certain nombre de becs de gaz; il faut de toute nécessité, pour satisfaire à l'hygiène, renouveler l'air que nous respirons et rejeter au dehors les produits viciés de la combustion.

Pour le poêle à gaz dont j'ai parlé, qui présentait un afflux d'air extérieur par le tuyau, il faudrait faire percer dans le mur, un peu au dessus du sol, un conduit qui amènerait l'air extérieur, puis allonger le tuyau auquel on donnerait

deux à trois mètres de hauteur; l'échappement se ferait par un tuyau horizontal traversant le mur et par un tuyau vertical extérieur surmonté d'un capuchon à girouette pour empêcher les coups de vent; dans ces conditions, l'air extérieur venant du dehors, entrant par une toile métallique, fournirait avec l'air de la chambre l'oxygène nécessaire à la combustion, et tous les produits gazeux de cette combustion s'échapperaient au dehors par le tuyau qui s'échaufferait, ce que l'on reconnaîtrait facilement par le toucher.

Autour des fourneaux à gaz de cuisine, il faudrait faire disposer une enveloppe de tôle vitrée, munie de portes convenables, permettant les diverses opérations qu'exige l'art culinaire; mais cette enveloppe, les portes étant fermées, présenterait les ouvertures suffisantes pour le passage de l'air nécessaire à la combustion et un tuyau se rendant directement au dehors et non pas conduit dans une cheminée qui serait commune à plusieurs foyers.

Il me paraît nécessaire d'abandonner les cheminées communes qui peuvent permettre des reflux funestes.

J'ajouterai que, dans les appartements plus ou moins vastes, pourvus de plusieurs cheminées qui peuvent être allumées ensemble, il arrive ordinairement que le tirage de l'une des cheminées étant plus actif, il se produit dans les autres un tirage inversé qui répand la fumée ou les gaz de la combustion dans les diverses pièces de l'appartement. Pour remédier à cet inconvénient, je crois qu'il faudrait établir sous le plancher des tuyaux s'ouvrant au dehors amenant autour de chaque foyer une grande partie de l'air nécessaire à la combustion, faire installer au-dessus des foyers des tuyaux continus, autant que possible métalliques, afin d'éviter toute communication entre les conduits parallèles et faire disposer les ouvertures des tuyaux au-dessus du toit à diverses hauteurs pour s'opposer à tout reflux des gaz d'un conduit dans le conduit voisin.

BIBLIOTHÈQUE SCIENTIFIQUE DES ÉCOLES ET DES FAMILLES

Prix de chaque volume

Quinze centimes

chez tous les libraires, marchands de journaux, dans les gares et chez HENRI GAUTIER, éditeur, 55, quai des Grands-Augustins, à Paris.

Vingt centimes

franco par la poste, en écrivant à M. HENRI GAUTIER, éditeur, 55, quai des Grands-Augustins, à Paris.
Les 25 volumes parus : 4 fr. franco.

VOLUMES EN VENTE

1. **La Photographie**, les appareils et leur usage, par AUGUSTE et LOUIS LUMIÈRE.
2. **Les Fourmis**, leurs caractères, leurs mœurs, par H. MERCEREAU, professeur de l'Université.
3. **Les Travaux de M. Pasteur**; microbes bienfaisants et microbes malfaisants, par GUSTAVE PHILIPPON, docteur ès sciences.
4. **Les Parfums**, leurs origines, leur fabrication, par H. COUPIN, préparateur à la Faculté des Sciences.
5. **Neige et Glaciers**, par C. VELAIN, chargé de cours à la Faculté des sciences de Paris.
6. **Lavoisier**, sa vie, ses travaux, par H. MERCEREAU, professeur de l'Université.
7. **Les Ballons**, par CAPAZZA, aéronaute.
8. **Sucres, Sucrierie et Raffinerie**, par A. HÉBERT, préparateur à la Faculté de Médecine.
9. **Les Animaux travailleurs**, par VICTOR MEUNIER.
10. **Les Plantes vénéneuses**, par L. DUCLOS, préparateur à la Faculté de Médecine.
11. **La Soie**, soie naturelle, soie artificielle, par H. MERCEREAU, professeur de l'Université.
12. **Les Impôts sous l'ancien Régime**, par L. PRÉVAUDEAU, licencié en droit.
13. **La Photographie**, développement et tirage, par AUGUSTE et LOUIS LUMIÈRE.
14. **Le Collectionneur d'insectes**, par HENRI COUPIN, préparateur à la Faculté des Sciences.
15. **L'Éclairage électrique**, par E. DUMONT, professeur à l'École des Hautes Études commerciales.
16. **L'Industrie de l'alcool**, par A. HÉBERT, préparateur à la Faculté de Médecine.
17. **Les Microbes de l'air**, par R. CAMBIER, attaché à l'Observatoire de Montsouris.
18. **La Fièvre**, théories anciennes et modernes, par le Dr GARRAN DE BALZAN.
19. **Le Diamant**, par H. MERCEREAU, professeur de l'Université.
20. **La Céramique et la Verrerie à travers les âges**, par A. QUILLARD, préparateur de chimie à la Faculté de Médecine.
21. **Hygiène du chauffage et de l'éclairage** par N. GRÉHANT, professeur au Muséum.
22. **Les Impôts depuis la Révolution**, par L. PRÉVAUDEAU, licencié en droit.
23. **Les Pierres tombées du ciel**, par STANISLAS MEUNIER, professeur au Muséum.
24. **Le Soleil**, par CHARLES MARTIN, professeur de l'Université.
25. **Maladies microbiennes : le Croup**, par le Dr LESAGE, chef de laboratoire à la Faculté de Médecine de Paris.

PRIME GRATUITE

aux acheteurs des 25 volumes parus

Toute personne qui demandera en une seule fois, pour quatre francs franco, les 25 volumes parus, les recevra renfermés dans

UNE GAINÉ ÉLÉGANTE ET SOLIDE

qui permettra de les conserver en parfait état et de les faire figurer sur les rayons d'une bibliothèque.

Adresser les demandes, accompagnées d'un mandat sur la poste, à M. Henri GAUTIER, éditeur, 55, quai des Grands-Augustins, PARIS

